

09/4458 PCT/JP 99/01944 #5 3.24.03
E3kV

30.04.99

日 本 国 特 許
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 25 JUN 1999	
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1998年 4月14日

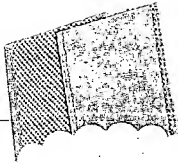
出 願 番 号
Application Number:

平成10年特許願第121781号

出 願 人
Applicant(s):

住友特殊金属株式会社

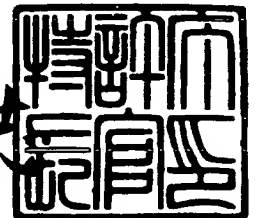
**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



1999年 6月11日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3037160

【書類名】 特許願

【整理番号】 30P98024

【提出日】 平成10年 4月14日

【あて先】 特許庁長官 荒井 寿光 殿

【国際特許分類】 A61B 5/055
G01R 33/38

【発明の名称】 M R I 用磁界発生装置

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住友特殊金属株式会社 山崎製作所内

【氏名】 青木 雅昭

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住友特殊金属株式会社 山崎製作所内

【氏名】 橋本 重生

【特許出願人】

【識別番号】 000183417

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

【氏名又は名称】 住友特殊金属株式会社

【代表者】 岡本 雄二

【代理人】

【識別番号】 100073900

【住所又は居所】 東京都中央区銀座3丁目3番12号 銀座ビル

【弁理士】

【氏名又は名称】 押田 良久

【電話番号】 03-3561-0274

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 055918

特平 1 0 - 1 2 1 7 8 1

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9710264

【書類名】 明細書

【発明の名称】 M R I 用磁界発生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させる M R I 用磁界発生装置において、前記磁極片が、けい素鋼板の積層体からなる本体部と、該本体部の空隙対向面側に配置する磁性環状突起部からなることを特徴とする M R I 用磁界発生装置。

【請求項 2】 前記けい素鋼板の積層体からなる本体部が、電気抵抗の高い非磁性支持部材にて固定支持されてなることを特徴とする請求項 1 の M R I 用磁界発生装置。

【請求項 3】 前記けい素鋼板の積層体からなる本体部が、周方向に複数に分割された磁性環状支持部材にて固定支持されてなることを特徴とする請求項 1 の M R I 用磁界発生装置。

【請求項 4】 前記磁性環状突起部がけい素鋼板の積層体からなることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 3 の M R I 用磁界発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、医療用磁気共鳴断層撮影装置（以下 M R I という）に用いられる磁界発生装置の改良に係り、特に、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片内の渦電流及び残留磁気の低減を図った M R I 用磁界発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

M R I 用磁界発生装置としては、図 12（a），（b）に示す構成が知られている。すなわち、磁界発生源として R - F e - B 系磁石からなる一対の永久磁石構成体（1）（1）の各々一方端に磁極片（2）（2）を固着して対向させ、他方端を継鉄（3）に連結し、磁極片（2）（2）間の空隙（4）内に静磁界を発生する構成である。

【0003】

図中(5)は、空隙(4)内における磁界分布の均一度を向上させるために形成する環状突起部であり、さらなる磁界分布の均一度向上を目的に環状突起部の内側部に凸状突起部(図示せず)を形成する構成も知られている。

【0004】

図中(6)は、傾斜磁界コイルであり、空隙(4)内の位置情報を得るために配置される。この傾斜磁界コイル(6)(6)は、通常、空隙(4)内のX、Y、Zの3方向に対応する3組のコイル群からなるが、図示においては簡略して記載している。

【0005】

このような構成において、空隙(4)は被検者の一部または全部が挿入できるだけの大きさが必要であり、さらに空隙(4)内の特定撮像視野内には、0.02~2.0Tでかつ 1×10^{-4} 以下の高均一度を有する静磁界の形成が要求される。

【0006】

図12(a),(b)に示す構成では、継鉄(3)として一对の板状継鉄(3a)(3b)と4本の柱状継鉄(3c)とからなる所謂4本柱型継鉄が使用された構成を示しているが、図13(a),(b)に示すように、一对の板状継鉄(3a)(3b)と板状支持継鉄(3d)とからなる所謂C型継鉄等、要求される諸特性に応じて種々の構成からなる継鉄が使用されている。

【0007】

また、図12(a),(b)に示す構成では、磁界発生源としてR-Fe-B系磁石等の永久磁石が採用された構成が示されているが、その他、鉄芯の周囲に電磁コイル(常伝導コイル、超伝導コイル等を含む)を巻回配置した構成等も使用されている。

【0008】

これらのいずれの構成においても、図12(a),(b)に示すように、一对の磁極片(2)(2)によって空隙(4)が形成され、また、磁極片(2)(2)の近傍に傾斜磁界コイル(6)(6)が配置されている。

【0009】

通常、磁極片(2)(2)は、電磁軟鉄、純鉄等のバルク材(一体物)から構成されていることから、空隙(4)内の位置情報を得るために傾斜磁界コイル(6)(6)にパルス電流を通電して所望方向のパルス状傾斜磁界を発生すると、この傾斜磁界の影響にて磁極片(2)(2)内に渦電流が発生し、傾斜磁界の立ち上がり特性を低下させるとともに、パルス電流の通電停止後も、磁極片(2)(2)内に発生する残留磁気にて空隙(4)内の磁界分布の均一度を低下させることとなる。

【0010】

このような問題点を解決する構成として、本願発明者は先に磁極片の主要部分をけい素鋼板の積層体にて形成したことを特徴とするMRI用磁界発生装置を提案した(特開平4-138131号、特開平4-138132号)。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本願発明者が先に提案したMRI用磁界発生装置は、図14～図17に示す構成からなる磁極片を使用することを主たる特徴としている。

【0012】

図14(a),(b)に示す磁極片(10)構成は、純鉄等のバルク材からなる磁性ベース部材(11)の空隙対向面側に環状突起部(12)を構成する断面矩形状の軟鉄製磁性リングと、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体(13)を配置してなる。

【0013】

図中(14)は、磁界分布の均一度向上を目的に環状突起部(12)の内側部に形成される凸状突起部であり、上記と同様に複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体を所要数積層することで構成している。

【0014】

また、図中(15)は、傾斜磁界コイル装着用の軟鉄製コア部である。

図中(16)は、環状突起部(12)を構成する断面矩形状の軟鉄製磁性リングを周方向に複数に分割し、環状突起部(12)に発生する渦電流の発生を低減する目的で形成された直径方向のスリットである。

【0015】

上記ブロック状積層体(13)は、使用するけい素鋼板が方向性けい素鋼板(JIS C 2553等)の場合は、磁界均一度の観点から図15(a)に示すように所定枚数の小ブロック(13a)(13b)毎に磁化容易軸方向(圧延方向)を90度異なるように積層一体化することが好ましく、また、無方向性けい素鋼板(JIS C 2552等)の場合は、図15bに示すように方向性を考慮することなく単に厚さ方向に積層一体化することで得られる。

【0016】

図16(a),(b)に示す磁極片(20)構成は、純鉄等のバルク材からなる磁性ベース部材(21)の空隙対向面側に環状突起部(22)を構成する断面矩形状の軟鉄製磁性リングと、複数枚の無方向性けい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体(23)を配置してなる。

【0017】

図中(24)は磁界分布の均一度向上を目的に環状突起部(22)の内側部に形成される凸状突起部であり、(25)は傾斜磁界コイル装着用の軟鉄製コア部であり、(26)は環状突起部(22)を構成する断面矩形状の軟鉄製磁性リングを周方向に複数に分割するスリットである。

【0018】

上記ブロック状積層体(23)は、図16(c)に示すように空隙対向方向に積層する各々小ブロック(23a)(23b)毎に積層方向が90度異なるようにして絶縁性接着剤等にて積層一体化することが好ましい。

【0019】

図17(a),(b)に示す磁極片(30)構成は、図14(a),(b)及び図16(a),(b)に示す磁極片(10)(20)とはバルク材からなる磁性ベース部材(11)(21)を使用しない点で大きく異なる。すなわち、バル

ク材からなる磁性ベース部材（11）（21）に代えて、図17（c）に示すような複数枚の無方向性けい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した杆状積層体（33）をバルク状磁性材からなる環状支持部材（34）にて支持した構成を使用することを特徴としている。

【0020】

詳述すると、バルク状磁性材からなる環状支持部材（34）の中央部を矩形状に切り抜き、該切り抜き部内縁に形成される面取部（図示せず）に前記杆状積層体（33a）の面取部（38）を対応させ一方向に配列載架する。さらに、杆状積層体（33a）の空隙対向面側に積層方向が90度異なるようにして杆状積層体（33b）を載置して2層とする。

【0021】

磁極片全体が略円板状になるよう、環状支持部材（34）の内周面と固定板（35）との間に、長手方向の長さが異なる複数の杆状積層体（33c）を配置するとともに、環状支持部材（34）の内周外縁部の所定位置に固定される固定ブロック（31）を介して環状突起部（32）を構成する断面台形状の軟鉄製磁性リングを載置して磁極片（30）を形成する。

【0022】

図中（36）は、環状突起部（32）を構成する断面台形状の軟鉄製磁性リングを周方向に複数に分割するスリットである。また（37）は絶縁性粘着テープ等からなる絶縁材である。

【0023】

以上のような図14（a）、（b）、図16（a）、（b）、図17（a）、（b）に示す磁極片（10）（20）（30）を使用することによって、図12（a）、（b）、図13（a）、（b）に示す従来のバルク状磁性材からなる磁極片を使用する場合に比べ、傾斜磁界コイルを要因とする磁極片内の渦電流および残留磁気の発生を大幅に低減することができた。しかし、鮮明なる画像をより高速にて撮影することへの要望は強まる一方であり、さらなる改良が望まれていた。

【0024】

本願発明者の実験によれば、図14(a), (b)及び図16(a), (b)の磁極片(10)(20)構成は、バルク材からなる磁性ベース部材(11)(21)を使用することから、磁極片全体としての機械的強度(剛性)に優れ、けい素鋼板を所定方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体(13)(23)の積層配置が容易であり組立作業性にも優れている等の長所を有する反面、該磁性ベース部材(11)(21)の存在自体が磁極片内の渦電流および残留磁気の低減を、これ以上向上させることができない要因になっていることが確認された。

【0025】

すなわち、傾斜磁界コイルによって発生する磁界は、該傾斜磁界コイル直下のブロック状積層体(13)(23)から、そのブロック状積層体(13)(23)を載置する磁性ベース部材(11)(21)を介して環状突起部(12)(22)を構成する軟鉄製磁性リングの表面にまで伝わることから、ブロック状積層体(13)(23)と軟鉄製磁性リングとの磁路中に磁性ベース部材(11)(21)が存在することとなり、結果としてバルク材からなる磁性ベース部材(11)(21)内に渦電流および残留磁気が発生することが確認された。

【0026】

図17(a), (b)に示す磁極片(30)構成においても、環状支持部材(34)を効果的に使用することによって図14(a), (b)及び図16(a), (b)の磁極片(10)(20)構成と同様に優れた機械的強度(剛性)と組立作業性が得られる。

【0027】

この構成では、傾斜磁界コイル直下の杆状積層体(33)の下側に、図14(a), (b)及び図16(a), (b)の磁極片(10)(20)にて使用しているようなバルク材からなる磁性ベース部材(11)(21)は存在せず、渦電流および残留磁気の低減効果の観点からは望ましいが、杆状積層体(33)の下側に存在する環状支持部材(34)もバルク状磁性材からなることから、結果として、必ずしも要求される渦電流および残留磁気の低減が達成できていないのが現状である。

【0028】

しかも、環状支持部材（34）の内周面と杆状積層体（33c）との端面が完全接触せず、空間（39）が形成されることから、結果として、環状突起部（32）のけい素鋼板積層体部に対向する側の全面積 S_a と、けい素鋼板積層体部の環状突起部（32）に対向する側の全面積 S_b との比（ S_b/S_a ）が70～80%程度であり、該環状突起部（32）とけい素鋼板積層体部との当接部分において磁気飽和状態が発生し、環状突起部（32）に磁束が流れ難くなり、磁極片間の空隙内に効率的に所定の均一な磁界を得ることが困難となる場合があった。

【0029】

すなわち、環状突起部（32）とけい素鋼板積層体部との当接部分は、磁界発生源からの磁界による磁束密度が、他の部分に比べて非常に高く、特に環状突起部（32）に当接するけい素鋼板積層体部は磁気飽和状態を招かないだけの十分な体積が必要となる。しかし、図17（a）、（b）に示す構成では、MRI用磁界発生装置として要求される本来の均一磁界を効率的に得ることができないことが確認された。

【0030】

この発明は、以上のような問題点を解決したMRI用磁界発生装置の提供を目的とするもので、空隙内の磁界均一度を低下させることなく、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片内の渦電流及び残留磁気の低減を可能とするMRI用磁界発生装置の提供を目的とするものである。

【0031】

【課題を解決するための手段】

発明者は、けい素鋼板の積層体をより効果的に配設することにより、上記目的が達成できることを知見し、発明を完成したのである。

【0032】

すなわち、本願発明は、空隙を形成して対向する一对の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、前記磁極片が、けい素鋼板の積層体からなる本体部と、該本体部の空隙対向面側に配置する磁性環状突起部からなることを特徴とするMRI用磁界発生装置である。

【0033】

また、前記けい素鋼板の積層体からなる本体部が、電気抵抗の高い非磁性支持部材にて固定支持されてなることを特徴とする構成、及び周方向に複数に分割された磁性環状支持部材にて固定支持されてなることを特徴とする構成からなるMRI用磁界発生装置を併せて提案する。

【0034】

さらに、前記磁性環状突起部が、該環状突起部内に発生する渦電流の低減のためにけい素鋼板の積層体からなることを特徴とする構成、及び周方向に複数に分割したことを特徴とする構成を好ましい構成として提案する。

【0035】

さらにまた、空隙内の磁界分布の均一度向上のために、磁極片本体部の空隙対向面側で前記磁性環状突起部の内側部にけい素鋼板の積層体からなる凸状突起部を形成した構成を好ましい構成として提案する。

【0036】

【発明の実施の形態】

この発明を図1～図11に示す実施例に基づいて説明する。

図1(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(40)は、電気抵抗の高い非磁性環状支持部材(43)にて固定支持された複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体からなる本体部(41)と、該本体部(41)の空隙対向面側に載置する断面矩形状の磁性環状突起部(42)を主たる構成材としている。

【0037】

本体部(41)は、けい素鋼板からなる複数のブロック状積層体を一旦矩形板状に一体化した後、全体として略円板状になるよう、外周部をウォータージェット加工、レーザー加工、機械加工、放電加工等にて所定形状に加工し、さらに、その周縁に樹脂、バークライト、FRP等の非金属からなる電気抵抗の高い非磁性環状支持部材(43)を配置して固定支持する。なお、これら複数のブロック状積層体と非磁性環状支持部材(43)をエポキシ樹脂等にてモールド化することによって、機械的強度を確保することも可能である。

【0038】

図中（44）は、空隙内の磁界分布の均一度向上を目的に、前記本体部（41）の空隙対向面側で前記磁性環状突起部（42）の内側部に形成されるけい素鋼板の積層体からなる凸状突起部であり、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体にて構成している。

【0039】

図において、凸状突起部（44）は磁性環状突起部（42）の内側部全面に前記ブロック状積層体を敷設し、特に中央部の磁極片対向方向の厚さを大きくして全体として凸状となるように構成しているが、磁性環状突起部（42）内側近傍に敷設することなく、中央部にのみ敷設することも有効である。

【0040】

図1（c）に、本体部（41）と凸状突起部（44）を構成するけい素鋼板のブロック状積層体の積層方向の関係を斜視図にて示す。これらの各々ブロック状積層体は先にも説明したように、使用するけい素鋼板が方向性けい素鋼板（JIS C 2553等）の場合は、磁界均一度の観点から図15（a）に示すように所定枚数の小ブロック毎に磁化容易軸方向（圧延方向）を90度異なるように積層一体化することが好ましく、また、無方向性けい素鋼板（JIS C 2552等）の場合は、図15（b）に示すように方向性を考慮することなく単に厚さ方向に積層一体化することで得られる。

【0041】

図中（46）は、磁性環状突起部（42）を構成する断面矩形状の軟鉄製磁性リングを周方向に複数に分割し、磁性環状突起部（42）内に発生する渦電流の発生を低減する目的で形成された直径方向のスリットである。

【0042】

以上の構成において、本体部（41）と磁性環状突起部（42）との関係を図7にて詳述する。本体部（41）を構成するけい素鋼板積層体部は略円板状を形成しており、その外径寸法 D_0 は磁性環状突起部（42）の外径寸法 D_1 とほぼ同一となる。したがって、磁性環状突起部（42）の本体部（41）との対向面側

は全てけい素鋼板積層体部に当接することとなる。

【0043】

したがって、磁界発生源となる永久磁石構成体(1)からの磁界による磁束が、けい素鋼板積層体部と磁性環状突起部(42)との当接部において磁気飽和状態を招くことなく、MRI用磁界発生装置の所定空隙内に要求される本来の磁界強度を効率的に発生することが可能となる。

【0044】

また、本体部(41)には、磁性環状突起部(42)の内径 D_2 よりも内側部だけでなく直下部にもバルク状磁性材が配置されていない。すなわち、傾斜磁界コイルの直下近傍にバルク状磁性材が配置されないことから、目的とする渦電流および残留磁気の低減効果を得ることが可能となる。

【0045】

なお、本体部(41)を構成するけい素鋼板積層体部の外径寸法 D_0 は、図示のように磁性環状突起部(42)の外径寸法 D_1 と同等とする構成に限定されるものではない。例えば、磁性環状突起部(42)の外径寸法 D_1 より大とすることも可能であるが、必要以上に大きくすることは、該けい素鋼板積層体部外周部からの磁束漏洩を増加させることから、好ましくない。

【0046】

また、けい素鋼板積層体部の外径寸法 D_0 を磁性環状突起部(42)の外径寸法 D_1 より小とすることも可能であるが、必要以上に小さくすることは、該けい素鋼板積層体部と磁性環状突起部(42)との当接部における磁気飽和状態を招くことから、少なくとも磁性環状突起部(42)のけい素鋼板積層体部に対向する側の全面積 S_a と、けい素鋼板積層体部の磁性環状突起部(42)に対向する側の全面積 S_b との比(S_b/S_a)が少なくとも80%以上になるように設定することが望ましい。好ましくは85%以上、より好ましくは90%以上であり、図においては100%の場合($S_a=S_b$)を示している。

【0047】

図では、非磁性環状支持部材(43)が磁性環状突起部(42)より外側に配置する構成を示しているが、上記のように本体部(41)を構成するけい素鋼板

積層体部の外径寸法 D_0 を磁性環状突起部(42)の外径寸法 D_1 より小とすると、必然的に非磁性環状支持部材(43)の一部または全部が磁性環状突起部(42)の直下部に配置されることとなる。

【0048】

しかし、該非磁性環状支持部材(43)を前述のような樹脂、ペークライト、FRP等の非金属からなる電気抵抗の高い材料の内から選定すれば、渦電流および残留磁気の低減の観点からは目的とする効果を得ることが可能となる。

【0049】

図2(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(50)は、本体部(51)以外は磁性環状突起部(52)など、図1(a), (b), (c)に示す構成と同様である。すなわち、図2(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(50)は、本体部(51)を構成する非磁性環状支持部材(53)にて固定支持されるけい素鋼板積層体部が、円板状シート材からなる複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化して形成されている。図2(c)に本体部(51)と凸状突起部(54)を構成するけい素鋼板の積層方向の関係を斜視図にて示す。

【0050】

この構成においては、凸状突起部(54)以外は図1に示すような複数のブロック状積層体を組み合わせる必要がないため、製作が容易であるだけでなく、機械的強度にも優れる。また、渦電流および残留磁気の低減効果を一層高めるためには、該円板状シート材からなるけい素鋼板積層部を周方向に分割し、半円状、扇状等の積層体を組み合わせた構成とすることが好ましい。

【0051】

図3(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(60)は、本体部(61)以外は磁性環状突起部(62)など、図1(a), (b), (c)に示す構成と同様である。すなわち、図3(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(60)においては、本体部(61)を構成する非磁性環状支持部材(63)にて固定支持される部分が、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体

を配置して形成される。

【0052】

本体部(61)は、先に図16(c)にて説明したように空隙対向方向に積層する各々小ブロック毎に積層方向が90度異なるように配置するとともに、同一平面上にて隣接する各々ブロック状積層体の積層方向が90度異なるようにして配置することが、磁界均一度の観点及び機械的強度の観点からも好ましい。図3(c)に凸状突起部(64)を含む本体部(61)を構成するけい素鋼板の積層方向の関係を斜視図にて示す。

【0053】

図4(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(70)は、本体部(71)以外は磁性環状突起部(72)など、図1(a), (b), (c)に示す構成と同様である。すなわち、図4(a), (b), (c)に示すこの発明に係る磁極片(70)は、本体部(71)を構成する非磁性環状支持部材(73)にて固定支持される部分が、複数枚の帯状けい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した積層体を配置して形成される。図4(c)に本体部(71)と凸状突起部(74)を構成するけい素鋼板の積層方向の関係を斜視図にて示す。

【0054】

組立性及び機械的強度を考慮し、内周側端部にけい素鋼板の支持部(73a)を突設した非磁性環状支持部材(73)を準備し、該支持部(73a)の形状に対応した面取部(71a)を有する長手方向の長さが異なる帯状けい素鋼板を順次配列載架したり、予め複数枚毎に積層一体化して杆状積層体とした後に配列載架する方法等が採用できる。

【0055】

また、複数枚の帯状けい素鋼板を一定方向に積層して一体化した矩形板状積層体をウォータージェット加工等によって略円板状にし、その周縁部に非磁性環状支持部材(73)の支持部(73a)の形状に対応した面取部(71a)を形成し、載架することも可能である。

【0056】

なお、使用するけい素鋼板は方向性けい素鋼板、無方向性けい素鋼板のいずれでも良いが、積層体を構成する各々帯状けい素鋼板片を所要形状に切断する際に方向性を考慮する必要がない等、製造性の観点から無方向性けい素鋼板の使用が好ましい。

【0057】

図5 (a), (b), (c) に示すこの発明に係る磁極片 (80) は、凸状突起部 (84) 以外は磁性環状突起部 (82) など、図1 (a), (b), (c) に示す構成と同様である。すなわち、図5 (a), (b), (c) に示すこの発明に係る磁極片 (80) は、本体部 (81) の空隙対向面側に形成される凸状突起部 (84) が、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して絶縁性接着剤等にて一体化した複数のブロック状積層体を配置した構成からなる。図5 cに本体部 (81) と凸状突起部 (84) を構成するけい素鋼板の積層方向の関係を斜視図にて示す。

【0058】

なお、本体部 (81) は、図16 (c) にて説明したように空隙対向方向に積層する各々小ブロック毎に積層方向が90度異なるように配置するとともに、同一平面上にて隣接する各々ブロック状積層体の積層方向が90度異なるようにして配置することが、磁界均一度の観点及び機械的強度の観点から好ましい。

【0059】

凸状突起部 (84) を構成するけい素鋼板は方向性けい素鋼板、無方向性けい素鋼板のいずれでも良いが、ブロック状積層体を構成する各々けい素鋼板片を所要形状に切断する際に方向性を考慮することがない等、製造性の観点から無方向性けい素鋼板の使用が好ましい。

【0060】

以上に説明したこの発明に係る磁極片 (50) (60) (70) (80) は、本体部 (51) (61) (71) (81) と磁性環状突起部 (52) (62) (72) (82) との関係が、いずれも図1 (a), (b), (c) に示すこの発明に係る磁極片 (40) の場合と同様であり、目的とする本体部 (51) (61) (71) (81) と磁性環状突起部 (52) (62) (72) (82) との当

接部において磁気飽和状態を招くことなく、MRI用磁界発生装置の所定空隙内に要求される本来の磁界強度を効率的に発生することが可能となり、しかも渦電流および残留磁気の低減効果を得ることが可能となる。

【0061】

以上の構成においては、本体部を固定支持する環状支持部材が樹脂、ペークライト、FRP等の非金属からなる電気抵抗の高い材料にて構成されることから、該非磁性環状支持部材の一部または全部が磁性環状突起部の直下部に配置されることとなっても、渦電流および残留磁気低減の観点からは目的とする効果を得ることが可能であることは先に説明した通りである。

【0062】

しかし、図9(a)に示すように、機械的強度や加工性等の観点から、本体部(91)を固定支持する環状支持部材として軟鉄製の磁性材を使用する場合に、該非磁性環状支持部材(93)の一部または全部が磁性環状突起部(92)の直下部に配置されると、渦電流および残留磁気の低減効果が大幅に減少することとなる。

【0063】

本発明者の実験によれば、図9(b)に示すように、磁性環状支持部材(92)をスリット(96)にて周方向に複数に分割(図は8分割の場合を示す)することによって、上記の渦電流および残留磁気の低減効果の減少を抑制することが可能であることが確認できた。

【0064】

また、磁性環状支持部材(92)を使用した場合は、非磁性環状支持部材を使用した場合とは異なり、磁性環状支持部材(92)自体が磁界発生源となる永久磁石構成体(1)からの磁界による磁束を環状突起部に伝える磁路形成用部材となることから、磁束が本体部と磁性環状突起部との当接部において磁気飽和状態を招くことなく、MRI用磁界発生装置の所定空隙内に要求される本来の均一な磁界を効率的に形成することが可能となる。

【0065】

したがって、環状支持部材は本体部を構成するけい素鋼板の積層構成や形状寸

法等を要因とする磁極片の全体的な機械的強度とともに、本体部と磁性環状突起部との当接部における磁気飽和状態、渦電流および残留磁気の低減効果等を考慮して、樹脂、ペークライト、FRP等の非金属からなる電気抵抗の高い非磁性材や、軟鉄製等の磁性材のいずれかを選定することが望ましく、特に、磁性材からなる場合は、上記のような周方向に複数に分割した構成を採用することが望ましい。

【0066】

なお、以上の構成においては、いずれも環状支持部材を使用した構成にて説明したが、磁極片全体の形状寸法、ブロック状けい素鋼板積層体各々の形状寸法、互いの接着強度の他、一体化方法等、すなわち磁極片全体を樹脂モールドする方法、金属繊維で編み込む方法、治具にて一体化しておき、磁界発生源となる永久磁石構成体上に載置一体化した後治具を取り外す方法等に応じて必然的に決定される磁極片の機械的強度、すなわち、磁界発生源からの吸引力によって目的とする形状が維持できるか否かによって環状支持部材の要否を決定すればよい。さらに、上記非磁性環状支持部材と磁性環状支持部材を併用することも可能であり、各々の形状も図示の構成に限定されるものではない。

【0067】

各々支持部材は、特に磁界発生源上に載置する場合に、磁極片に要求される上記機械的強度を確保するために有効であるが、磁界発生源上に載置し、磁界発生装置の組み立てが完了し、目的とする磁極片形状が維持できるようになれば、必ずしも必要ではなく、磁極片周辺に配置される他の機器等との関係を考慮して、組立完了後除去してもよい。

【0068】

以上の構成においては、いずれも本体部の空隙対向面側に載置する環状突起部として断面矩形状のバルク状磁性材を使用した構成を示したが、MRI装置用磁界発生装置に要求される諸特性を満たすためには、環状突起部における渦電流及び残留磁気の低減も効果的であり、図6に示すように、環状突起部の表層部又は全体をけい素鋼板の積層体で構成することが望ましい。図6では周方向に分割された環状突起部の一部分を斜視図にて示している。

【0069】

すなわち、図6(a)は断面矩形状のバルク状磁性材のみを使用した磁性環状突起部(42)であるが、図6(b)は環状突起部の表層部のみをけい素鋼板の積層体とすべく、断面矩形状のバルク状磁性材(42a)を芯材とし、その周囲、すなわち空隙対向面及び内周面に磁極片の対向方向に積層するようにしてけい素鋼板(42b)の積層体を配置したものである。

【0070】

図6(c)は環状突起部全体を磁極片の対向方向に積層したけい素鋼板(42c)の積層体にて構成したものである。また、図6(d)は断面矩形状のバルク状磁性材(42a)を芯材とし、その周囲(空隙対向面及び内周面)に磁極片の対向方向と直交する方向に積層するようにしてけい素鋼板(42d)の積層体を配置したものである。さらに、図6(e)は環状突起部全体を磁極片の対向方向と直交する方向でかつ同心状に積層したけい素鋼板(42e)の積層体にて構成したものである。

【0071】

図8は、図1の構成において磁性環状突起部(42)を上記図6(c)の構成としたもので、該環状突起部(42)における渦電流及び残留磁気の低減をも可能とし、磁極片全体としての特性を大幅に向上することができる。

【0072】

この構成では、磁性環状突起部(42)もけい素鋼板の積層体にて形成されることから、磁極片全体の機械的強度は図1(a)、(b)、(c)の構成よりも若干劣る。したがって、前記非磁性環状支持部材(43a)(43b)を本体部(41)を構成するけい素鋼板積層体部の周縁、及び磁性環状突起部(42)の周縁に配置した後、これらを一体的に包囲するように非磁性環状支持部材(43c)を配置し、さらに樹脂モールドすることによって、磁極片全体の機械的強度を向上することが可能となる。

【0073】

また、図8の構成からなる磁極片全体の機械的強度を向上させるためには、若干、本来の渦電流及び残留磁気の低減効果が損なわれるものの、図10に示すよ

うに、磁極片の底部に厚さ 3 mm 程度以下の磁性薄板 (47) を接着固定することとも有効である。

【0074】

すなわち、この磁性薄板 (47) によって、個々のブロック状けい素鋼板積層体の接着面積を増加させ互いの横ずれを防ぐことが可能となる。しかし、この磁性薄板 (47) が必要以上に厚くなると目的とする渦電流及び残留磁気の低減効果が得られないことから、好ましくは厚さ 2 mm 以下、さらに好ましくは厚さ 1.5 mm 以下、1.0 mm 以下とすることが望ましい。

【0075】

その他、この発明の磁界発生装置においては、上記の図示の構成に限定されることなく、必要に応じて公知の技術を付加・採用することが可能である。

【0076】

【実施例】

実施例 1

この発明のMRI用磁界発生装置の効果を確認するために、以下の方法により、渦電流及び残留磁気の低減効果を評価した。すなわち、各種磁極片の上に傾斜磁界コイルを載置し、該磁界コイルに所定のパルス幅 (1 msec、3 msec、5 msec) からなるパルス電流 (500 AT) を流し、その残留磁気の大きさをミリガウスメータにて測定し、その測定結果を表 1, 2 に示す。

【0077】

磁極片本体部の外径 1000 mm、厚さ 50 mm (ただし、凸状突起部を含まない)、環状突起部の外径 1000 mm、内径 920 mm、厚さ 50 mm、FRP (ガラス繊維入り強化プラスチック) 支持部材の外径 1040 mm、内径 1000 mm、厚さ 50 mm、鉄支持部材の外径 1000 mm、内径 960 mm、厚さ 50 mm とした。

【0078】

また、通常金属中に流れる渦電流自体を測定することは極めて困難であることから、パルス幅を変化させた場合の残留磁気の変化量で渦電流の大きさを評価した。表中の値は 1 msec の残留磁気と 5 msec の残留磁気との差を示す。す

なわち、短いパルス幅は高い周波数に相当し、反対に長いパルス幅は低い周波数に相当する。パルス幅を変化して残留磁気の大きさが変化するということは、周波数に依存していることとなる。従って、変化量が大きいことは渦電流が大きくなり、結果として鮮明な画像が得られなくなる。

【0079】

この発明による磁極片A～Eは、図14に示す従来構成、すなわち、磁極片本体部が鉄のバルク材からなる磁極片に比べ、いずれのパルス幅においても残留磁気値は小さく、また、残留磁気の変化量が小さいことが分かる。特に支持部材としてFRPを用い、環状突起部を積層けい素鋼板にて構成した磁極片Bは、他の構成に比べて残留磁気値とともに残留磁気の変化量が非常に小さく、残留磁気及び渦電流の低減効果が極めて高いことが分かる。

【0080】

支持部材として鉄を使用した場合、該支持部材が分割されていない、いわゆるバルク状の場合（参考例）は、磁極片本体部にけい素鋼板の積層体を使用しても、その効果を有効に活用することができず、環状突起部の直下部に配置される鉄製支持部材の影響によって、残留磁気及び渦電流とともに従来構成と同等か、あるいはかえって悪い結果を示す場合があることが分かる。

【0081】

しかし、支持部材を分割することによって磁極片Cに示すように、さらに環状突起部として積層けい素鋼板を用いることによって磁極片Dに示すように、磁極片本体部にけい素鋼板の積層体を使用することによる効果を有効に実現することができる。

【0082】

磁極片Eは、図2に示す構成にさらに環状突起部として積層けい素鋼板を用いた構成で、他の磁極片A～Dに比べ若干残留磁気及び渦電流の低減効果が低いが、従来構成の磁極片よりもすぐれていることは明白である。この発明による図3～図5の構成においても磁極片Eにて示した効果とほぼ同等以上の効果が得られる。

【 0 0 8 3 】

【表 1】

	構成 参考図	環状突起		支持部材	
		材質	円周方向 分割	材質	円周方向 分割
従来例	図14	鉄	8分割	なし	-
比較例	図9	鉄	8分割	鉄	なし
本発明	A 図1	鉄	8分割	FRP	-
	B 図8,10	積層けい素鋼板	8分割	FRP	-
	C 図9	鉄	8分割	鉄	8分割
	D 図9,10	積層けい素鋼板	8分割	鉄	8分割
	E 図2,10	積層けい素鋼板	8分割	FRP	-

【0084】

【表2】

	構成 参考図	残留磁気測定結果			渦電流評価*
		1msec	3msec	5msec	
従来例	図14	95	63	49	46
比較例	図9	101	60	48	53
本発明	A 図1	36	26	24	12
	B 図8,10	22	21	20	2
	C 図9	54	29	22	32
	D 図9,10	39	27	23	16
	E 図2,10	75	52	36	39

渦電流評価*:(1msecの残留磁気)-(5msecの残留磁気)

【0085】

実施例2

図11は、環状突起部とその直下部に配置される磁極片本体部との当接部の面積比によるMRI用磁界発生装置の空隙内における磁界均一性への影響を測定した結果を示すグラフである。すなわち、横軸はMRI用磁界発生装置の空隙内のセンターからの半径方向の距離を示し、縦軸は該空隙内の磁界均一度を示す。

【0086】

グラフ中の曲線は上から上記面積比が、100%、80%、70%、50%の場合を示す。すなわち、磁極片本体部の環状突起部への当接部の面積が小さくなるに従って、磁界均一性が大幅に低下することが分かる。

【0087】

この発明では上記の面積比を80%以上とすることが可能であり、磁界均一性の低下を招くことなく、前述の残留磁気及び渦電流の低減効果が得られることが

明らかとなった。

【0088】

【発明の効果】

以上の実施例からも明らかなように、この発明のMRI用磁界発生装置は、従来のMRI用磁界発生装置に比べて渦電流及び残留磁気ともに低減することが可能である。

【0089】

すなわち、この発明のMRI用磁界発生装置は、けい素鋼板の積層体よりなる本体部と本体部の空隙対向面側に配置する環状突起部とを効果的に組み合わせた磁極片を使用することにより、該環状突起部近傍にて磁気飽和状態を招くことなく、空隙内に所望の均一度を有する静磁界を形成させるとともに、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片内の渦電流及び残留磁気の高減を可能とするMRI用磁界発生装置の提供を可能とするものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明によるMRI用磁界発生装置の構成を示す説明図であり、(a)は縦断面、(b)上面を示し、(c)は本体部の斜視説明図である。

【図2】

この発明によるMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a)は縦断面、(b)上面を示し、(c)は本体部の斜視説明図である。

【図3】

この発明によるMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a)は縦断面、(b)上面を示し、(c)は本体部の斜視説明図である。

【図4】

この発明によるMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a)は縦断面、(b)上面を示し、(c)は本体部の斜視説明図である。

【図5】

この発明によるMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a)は縦断面、(b)上面を示し、(c)は本体部の斜視説明図である。

【図 6】

(a), (b), (c), (d), (e) はこの発明によるMRI用磁界発生装置の磁性環状突起部の構成を示す斜視説明図である。

【図 7】

この発明によるMRI用磁界発生装置の詳細を示す要部縦断説明図である。

【図 8】

この発明によるMRI用磁界発生装置の詳細を示す要部縦断説明図である。

【図 9】

(a) はこの発明によるMRI用磁界発生装置の詳細を示す要部縦断説明図であり、(b) は上面説明図である。

【図 10】

この発明によるMRI用磁界発生装置の詳細を示す要部縦断説明図である。

【図 11】

空隙内センターからの距離と磁界均一度との関係を示すグラフである。

【図 12】

従来のMRI用磁界発生装置の構成を示す説明図であり、(a) は正面、(b) 横断面を示す。

【図 13】

従来のMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a) は正面、(b) 横断面を示す。

【図 14】

従来のMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a) は縦断面、(b) 正面を示す。

【図 15】

(a), (b) は従来のMRI用磁界発生装置に用いられるブロック状積層体の斜視説明図である。

【図 16】

従来のMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、(a) は縦断面、(b) 正面を示し、(c) はブロック状積層体の斜視説明図である。

【図 17】

従来のMRI用磁界発生装置の他の構成を示す説明図であり、（a）は縦断面、（b）正面を示し、（c）は杆状積層体の斜視説明図である。

【符号の説明】

- 1 永久磁石構成体
- 2, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 磁極片
- 3 継鉄
 - 3a, 3b 板状継鉄
 - 3c 柱状継鉄
 - 3d 板状支持継鉄
- 4 空隙
- 5, 12, 22, 32 環状突起部
- 6, 23a, 23b 傾斜磁界コイル
- 11, 21 磁性ベース部材
- 13, 23 ブロック状積層体
 - 23a, 23b 小ブロック
- 14, 24, 44, 54, 64, 74, 84 凸状突起部
- 15, 25 軟鉄製コア部
- 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96 スリット
- 31 固定ブロック
- 33, 33a, 33b, 33c 杆状積層体
- 34 環状支持部材
- 35 固定板
- 37 絶縁材
- 38, 71a 面取部
- 39 空間
- 41, 51, 61, 71, 81, 91 本体部
- 42, 52, 62, 72, 82, 92 磁性環状突起部
 - 42a バルク状磁性材

42b, 42c, 42d, 42e けい素鋼板

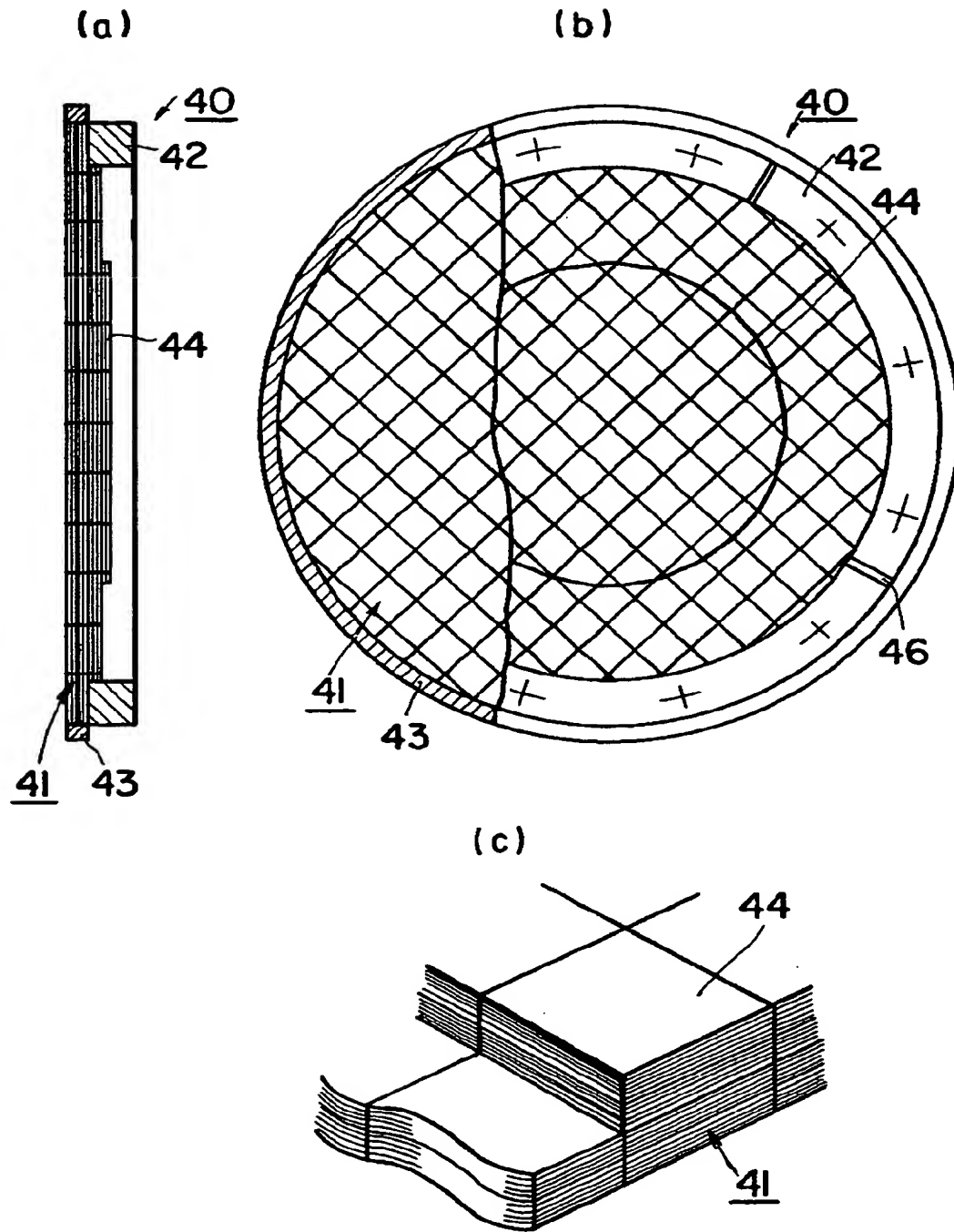
43, 43a, 43b, 43c, 53, 63, 73, 83, 93 非磁性環状
支持部材

47 磁性薄板

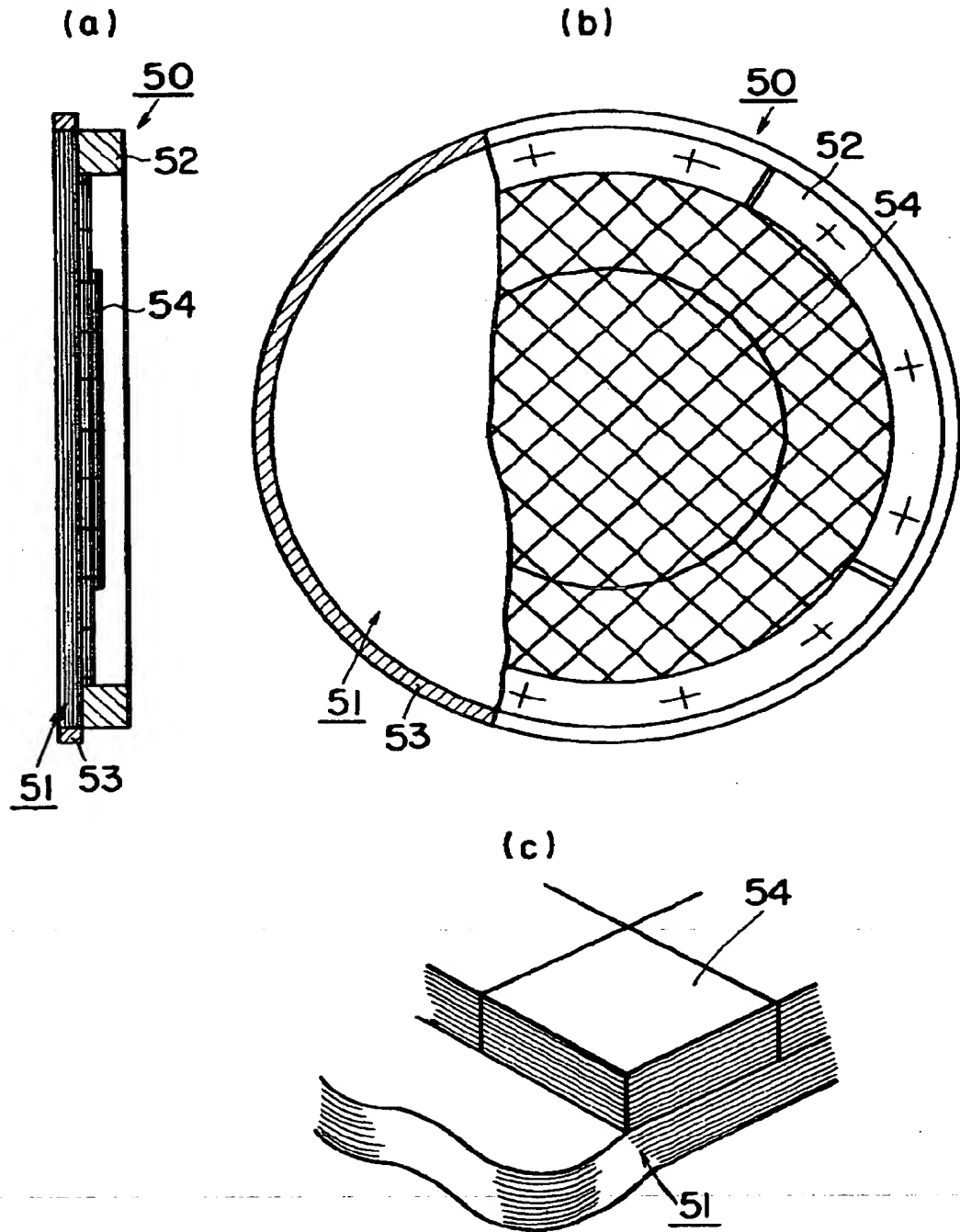
73a 支持部

【書類名】 図面

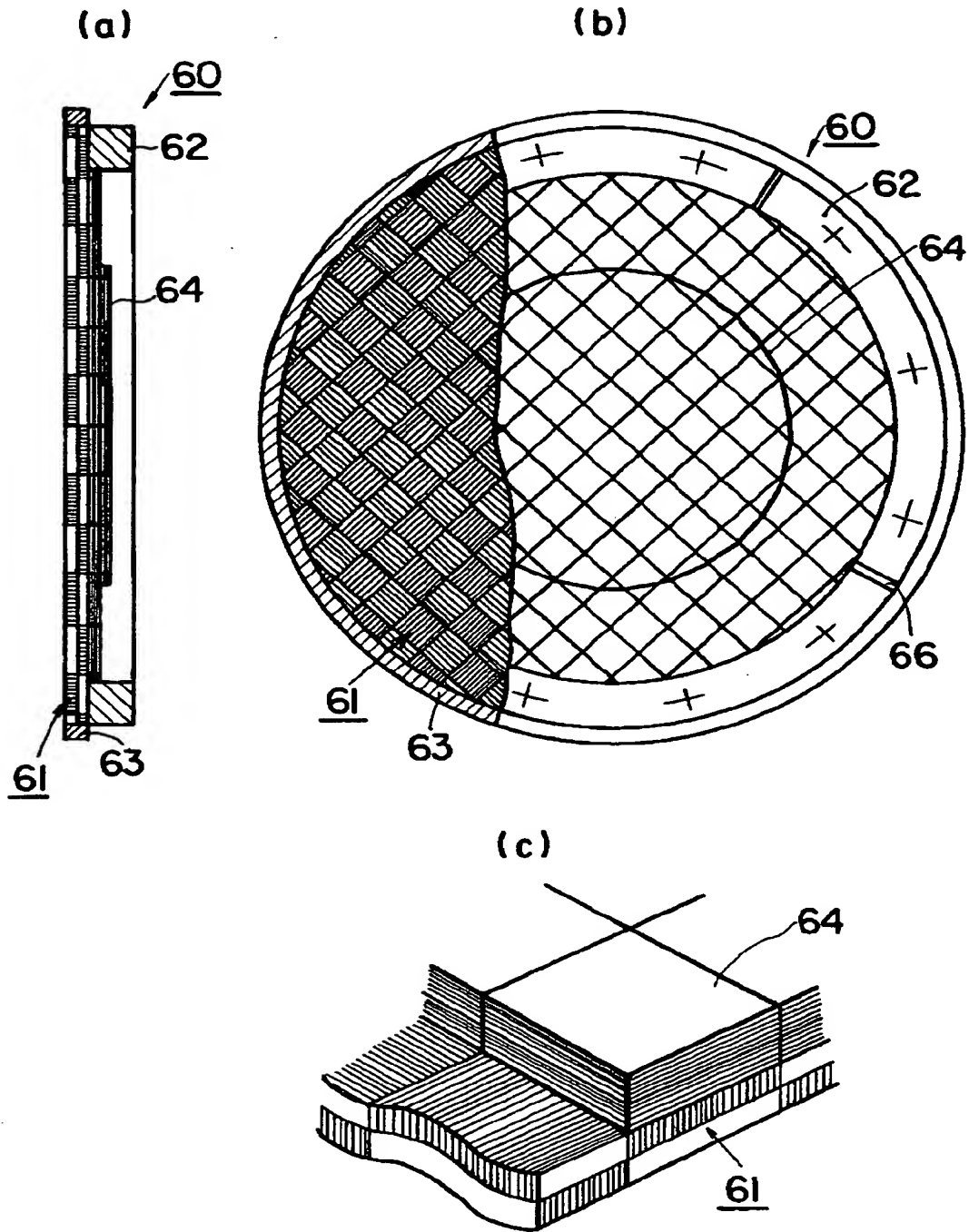
【図 1】



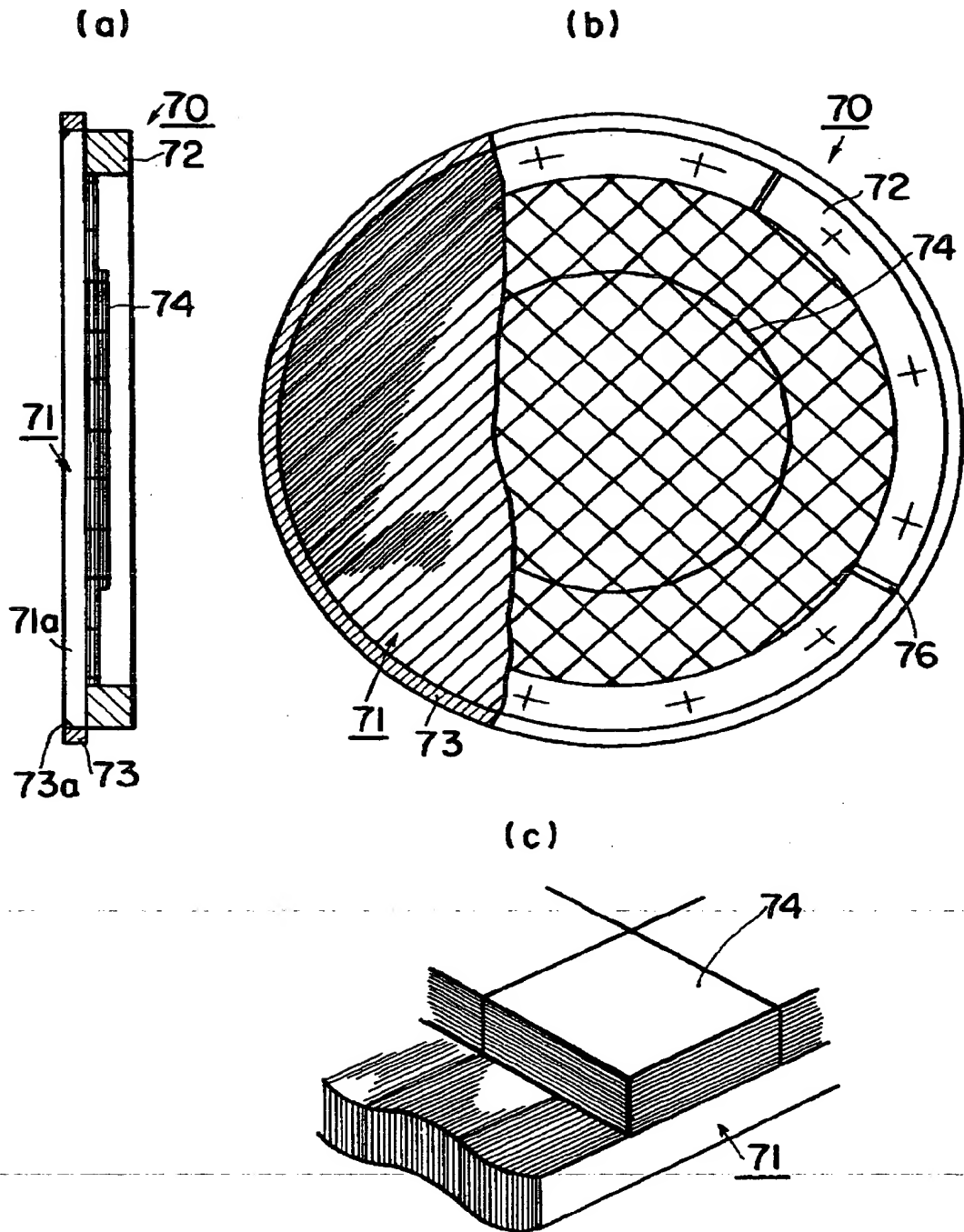
【図 2】



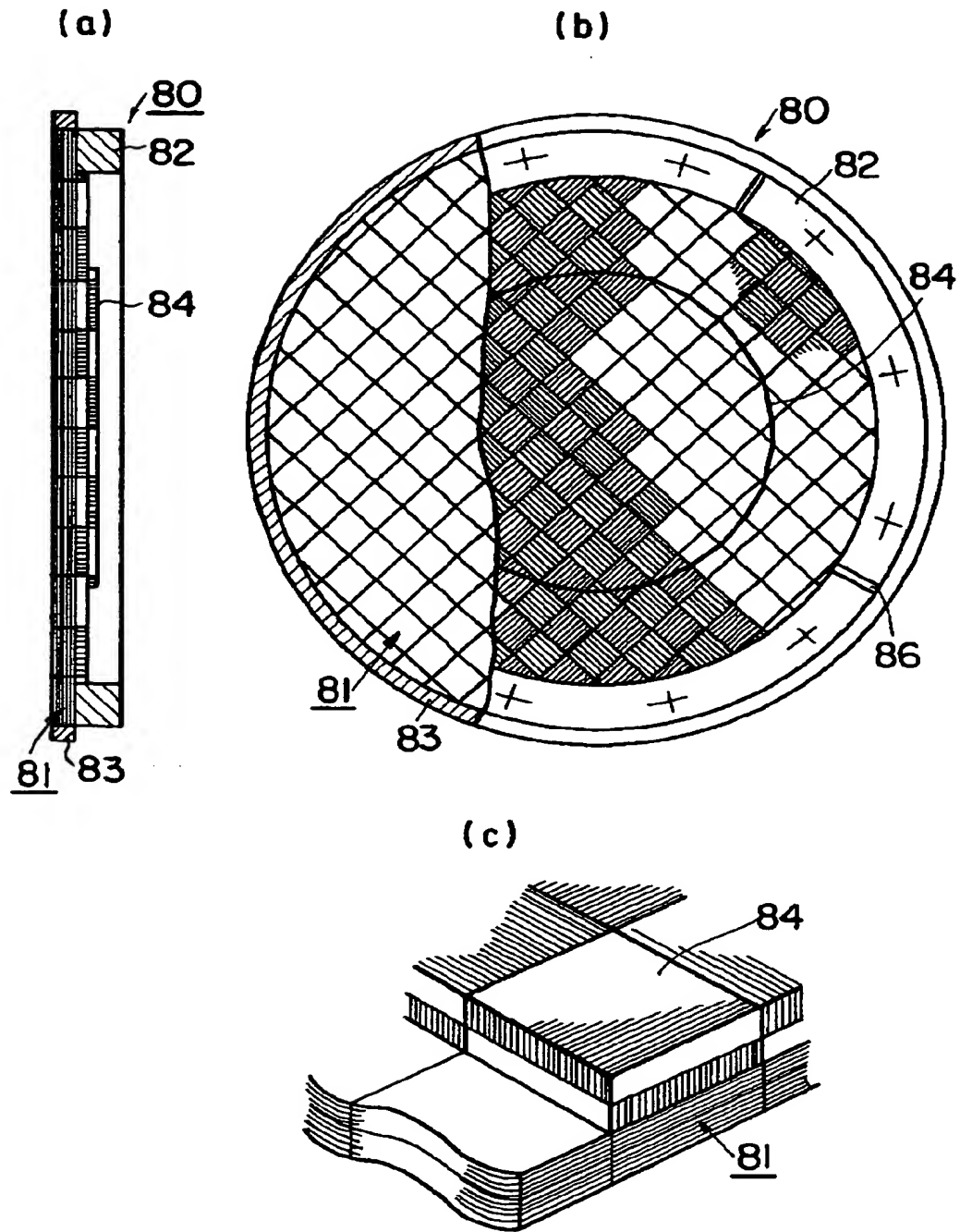
【図 3】



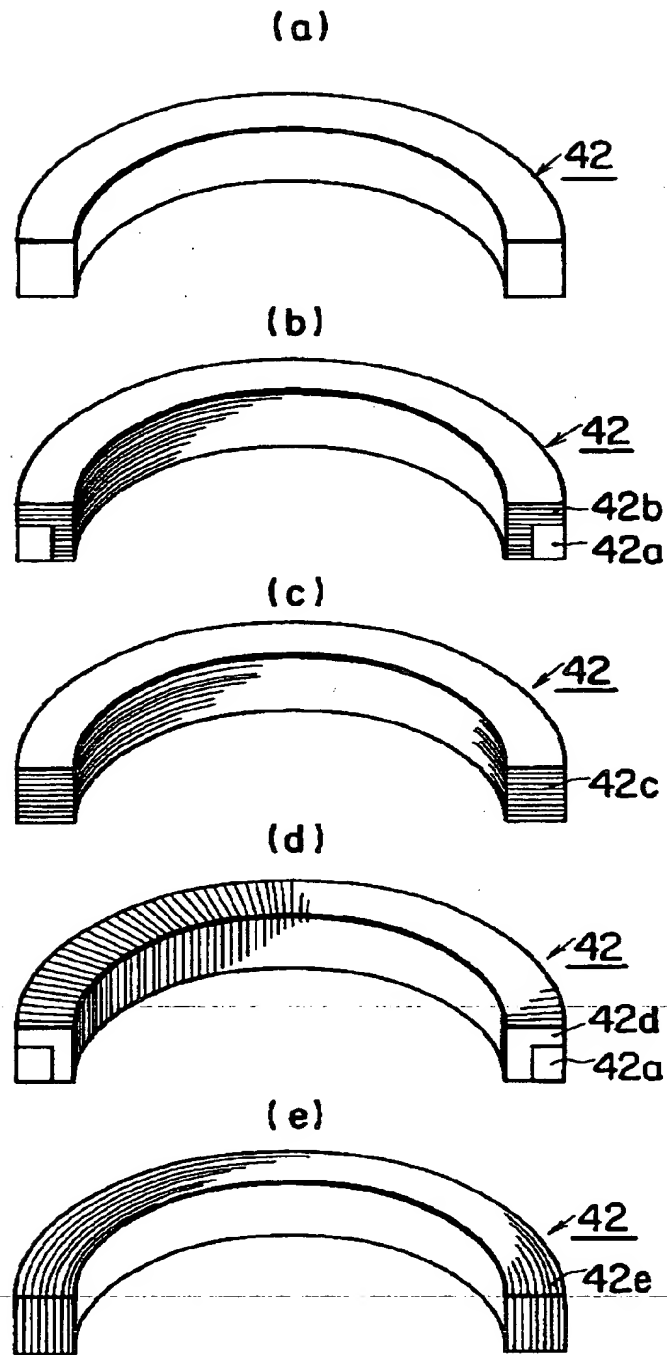
【図 4】



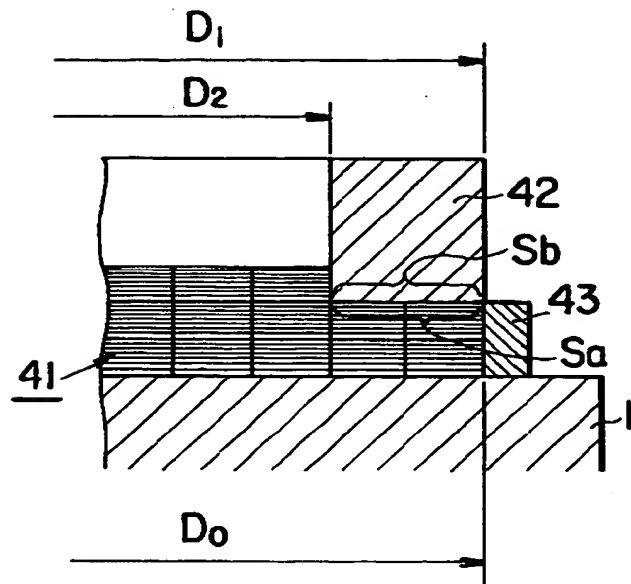
【図 5】



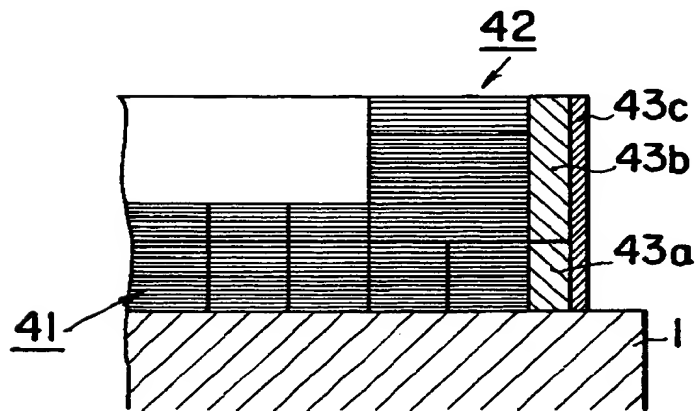
【図 6】



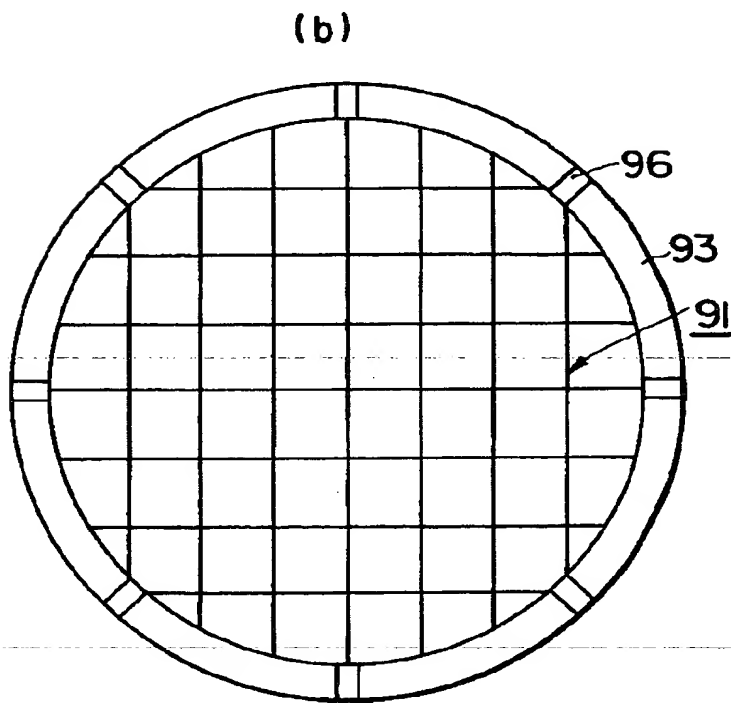
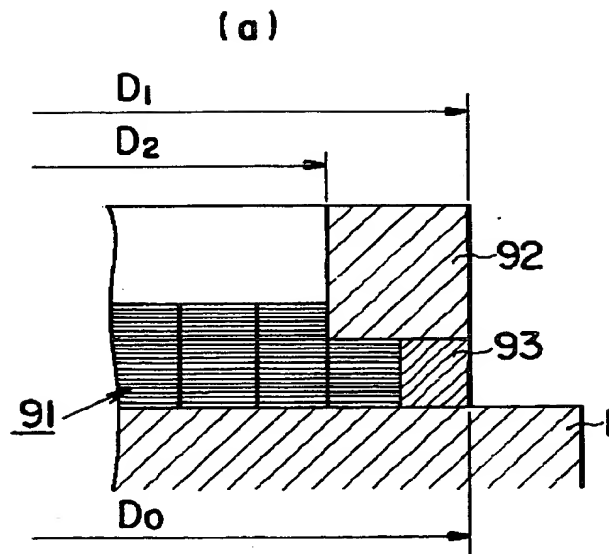
【図 7】



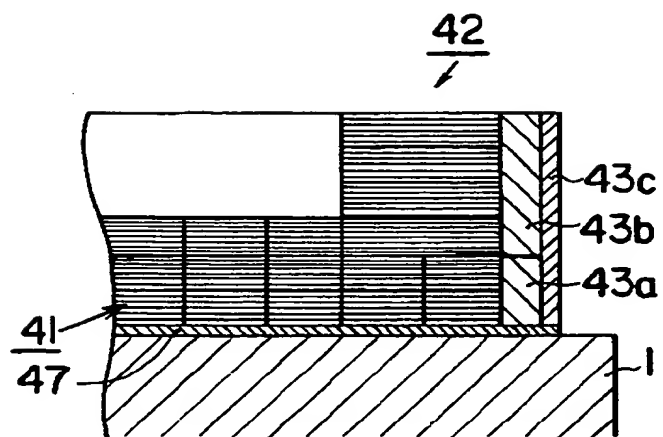
【図 8】



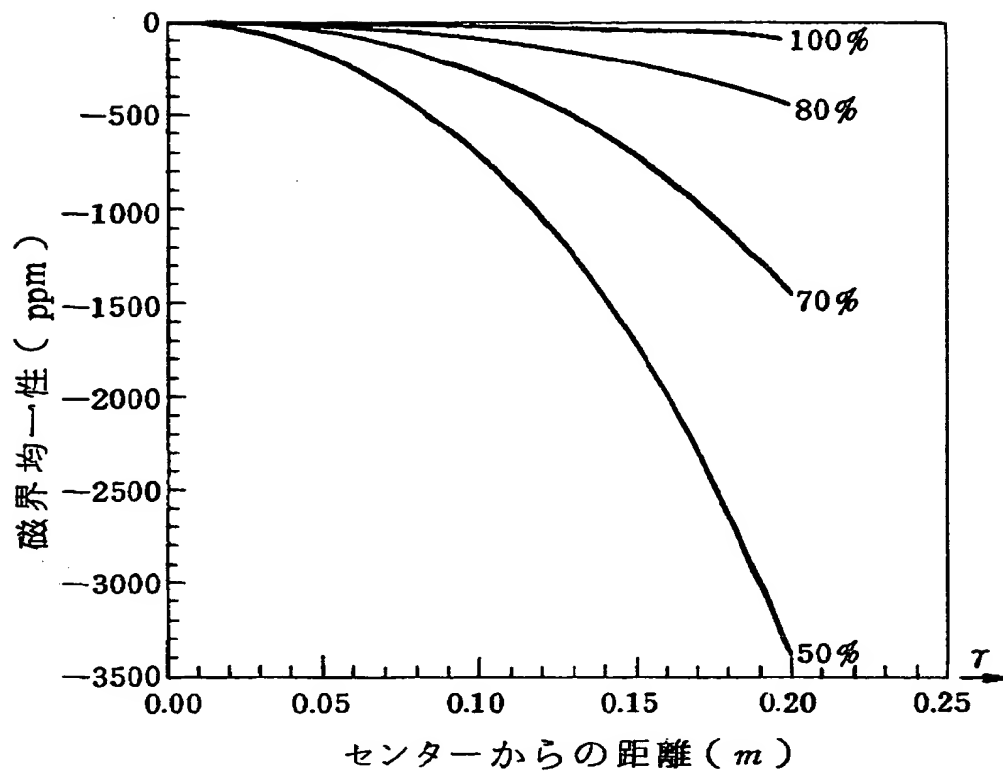
【図9】



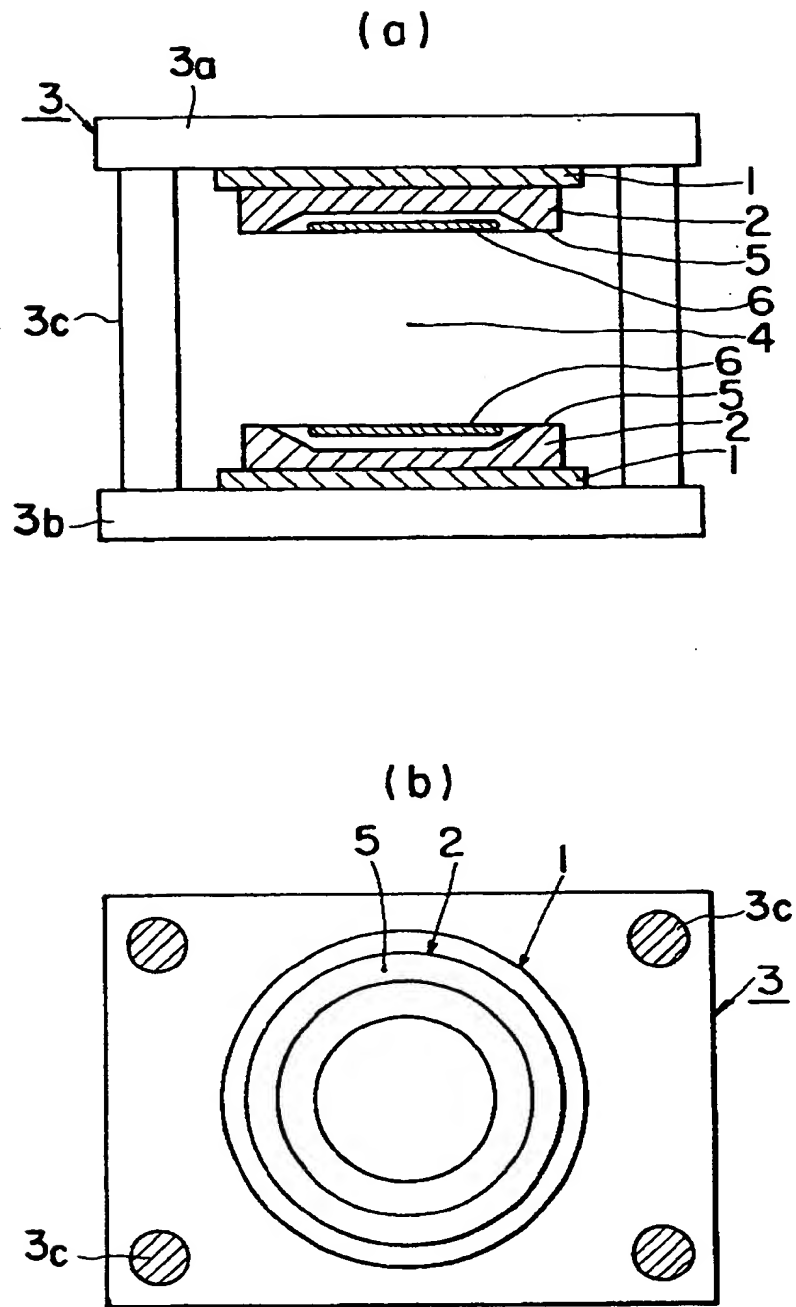
【図 10】



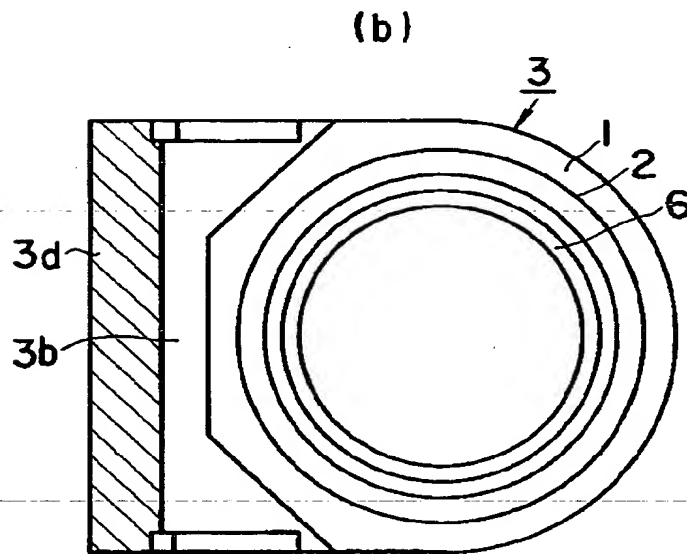
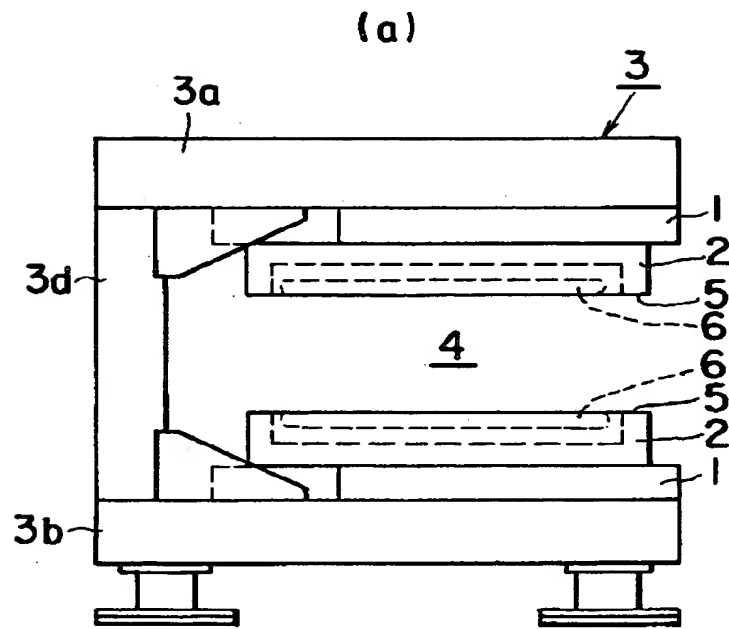
【図 1 1】



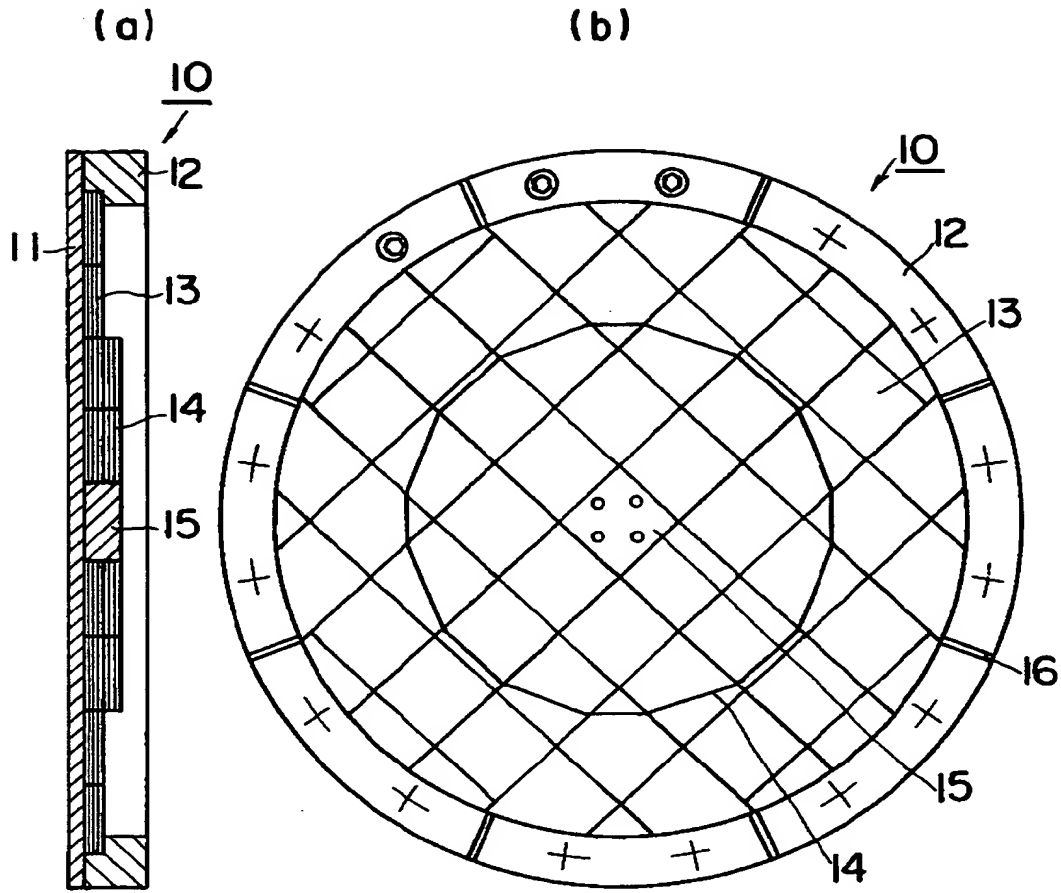
【図 12】



【図 13】

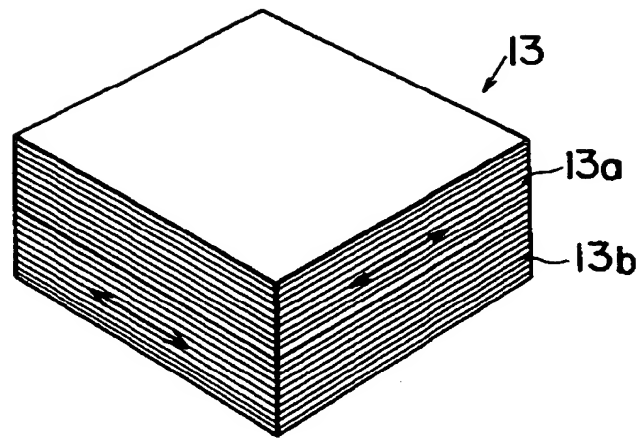


【図 14】

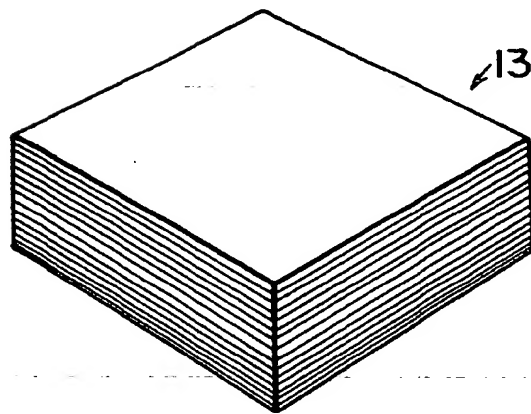


【図 15】

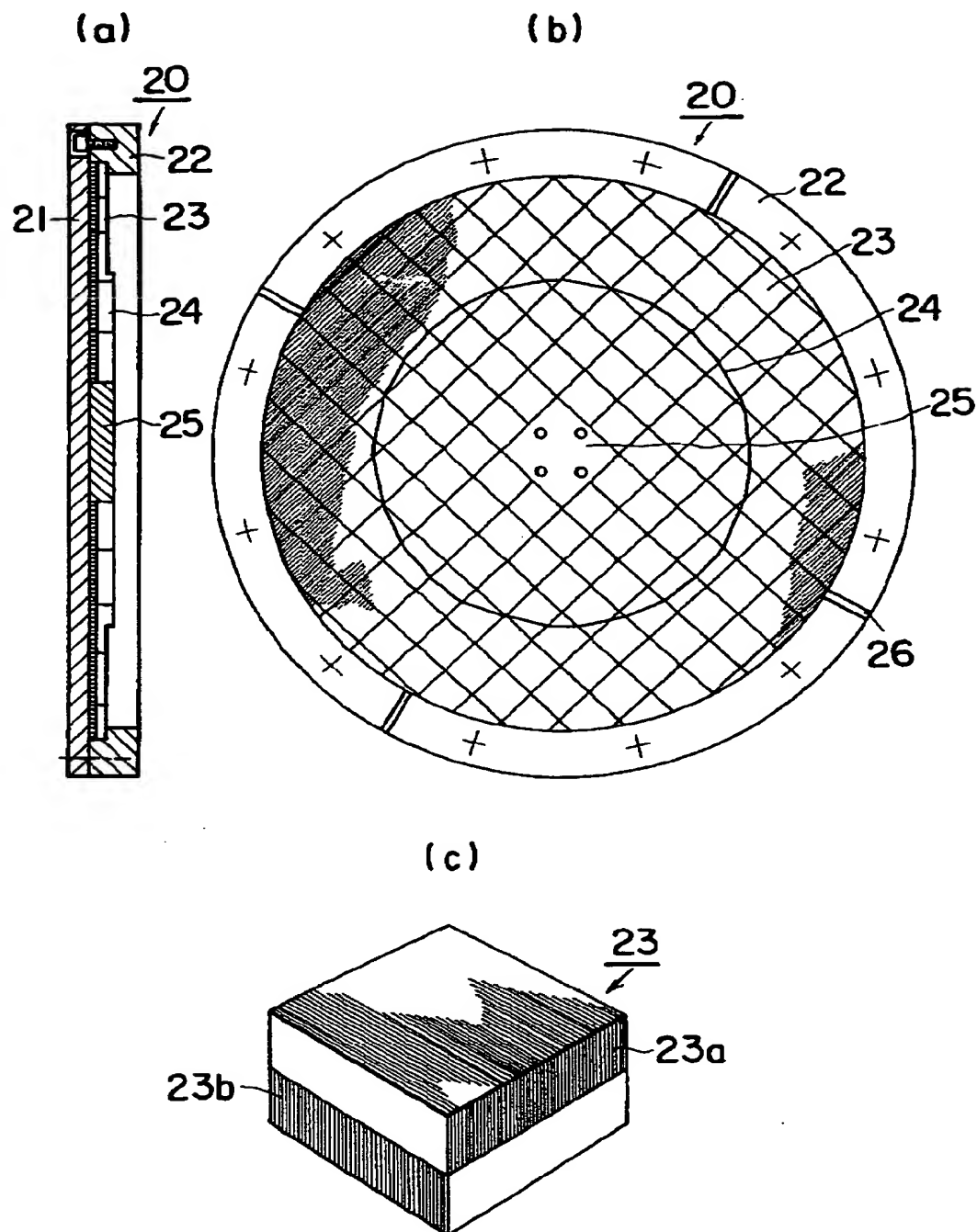
(a)



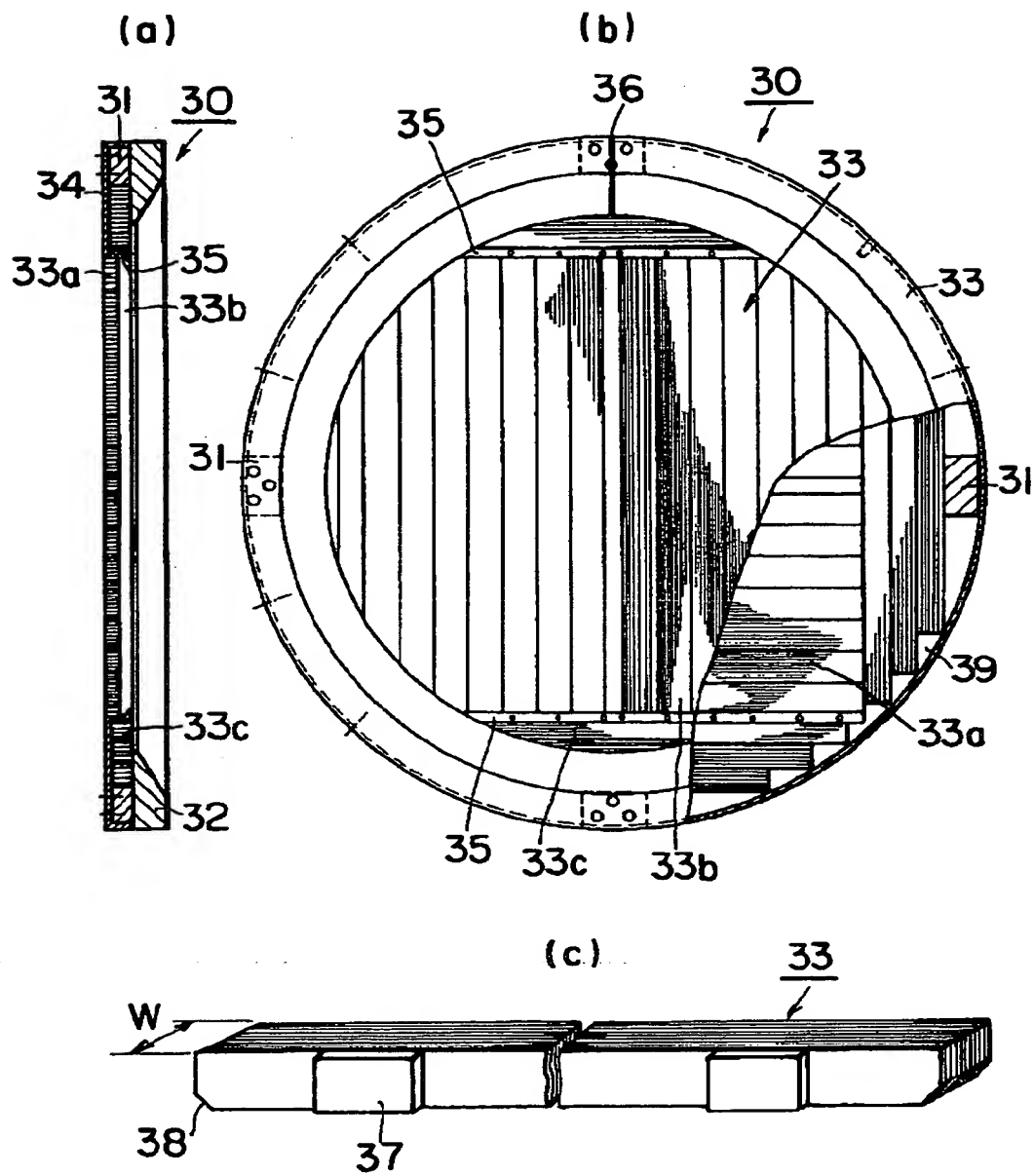
(b)



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 空隙内の磁界均一度を低下させることなく、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片内の渦電流及び残留磁気の低減を可能とするMRI用磁界発生装置の提供。

【解決手段】 けい素鋼板の積層体よりなる本体部41と本体部41の空隙対向面側に配置する磁性環状突起部42とを効果的に組み合わせた磁極片40を使用することにより、該環状突起部42近傍にて磁気飽和状態を招くことなく、空隙内に所望の均一度を有する静磁界を形成させるとともに、傾斜磁界コイルに流れるパルス電流の影響にて発生する磁極片40内の渦電流及び残留磁気の低減を可能とする。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000183417
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号
【氏名又は名称】 住友特殊金属株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100073900
【住所又は居所】 東京都中央区銀座3-3-12 押田特許事務所
【氏名又は名称】 押田 良久

特平10-121781

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000183417]

1. 変更年月日 1990年 8月13日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

氏 名 住友特殊金属株式会社